

ナトリウム (Na) とカリウム (K) の土壌水質化学*

篠原 功 (酪農学園大学)

Soil - Water geochemical quality of sodium and Potassium

Isao SHINOHARA

〔はじめに、生物は何処からどうしてやって来たか〕

生物は今から35億年ほど前に海で誕生し、23億年ほど前には、それまでの大気中および海水中の多量に存在した二酸化炭素を藻類の旺盛な光合成作用で有機物と酸素に変え、4億年ほど前には植物の上陸進化があり、つづいて動物の上陸進化があったと考えられないだろうか。ではなぜ、生物は上陸できたか。それは、光合成による化学エネルギーの獲得と大気中酸素濃度の増大とそして土壌からの栄養無機元素の供給も一つの大きな要因であろうが、そこには土壌の性格とイオン性格がおおいに関与していると考えられる。そこで、ここでは生物の細胞中に、植物と動物いずれも K^{+2} が Na^{+} より多く含まれ、しかし、動物の細胞外液には K^{+} よりも Na^{+} が多く含まれている(表1参照)ことを出発点として現在の環境、とくに土壌と水質の関連のなかに、それについて考える糸口を探してみたい。

表1. 体液、海水、植物のNaおよびK濃度比較

| | 血漿 | 組織間液 | 細胞内液 | 海水 | 植物(乾物) |
|----|--------------------|------|-----------|-------|---------------------|
| | mg L ⁻¹ | | | | mg kg ⁻¹ |
| Na | 3266(3105~3381) | 3174 | 230~851 | 10500 | 222~5550 |
| K | 195(136~214) | 195 | 4290~6045 | 380 | 16600~49800 |

〔土壌の交換態および水溶態の Na^{+} と K^{+} の含量比〕

北海道の多くの土壌サンプルを分析してきた著者の経験から、現在の表層土壌に含まれる Na^{+} と K^{+} のうち交換態(1規定の酢酸アンモニウム溶液・pH 7.0抽出)の Na^{+} と K^{+} の比は一部の例外を除き $Na^{+} < K^{+}$ である。しかし、これが水溶態(脱塩水抽出)のその比は $Na^{+} > K^{+}$ である。(図1参照)

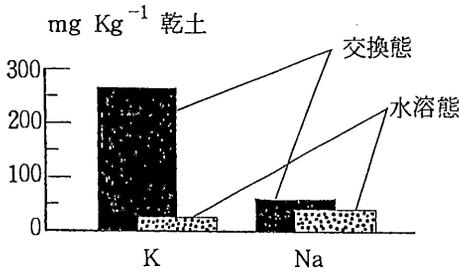


図1. 北海道滝上町酪農家飼料畑・草地土壤のKとNaの形態別含量(平均値)

〔河川湖沼水および海水のNa⁺とK⁺の含量比〕

北海道の河川湖沼源流域の水Na⁺とK⁺の比は、サンプル216点の分析結果からみて極一部の特殊水を除きやはりNa⁺>K⁺であり、海水のそれもNa⁺>K⁺である。それは動物が海から来たとの考えと符合する。(表1および図2参照)

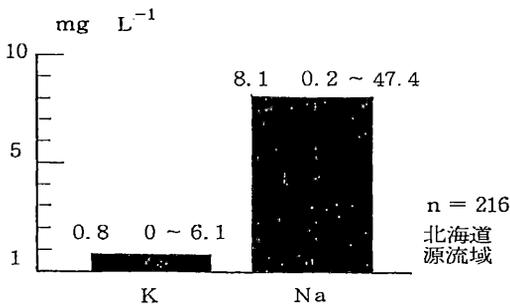


図2. 河川湖沼源流域の水のKとNaの含量

〔小さな経験・試堀跡の水溜り〕

約10年ほど前のペドロジストの集まりで、洪積性重粘土台地における疑似グライ土壤の観察セミナーに備えて北海道の野幌原始林を試掘した。その後、断面観察が随時できるようにとの配慮から簡単な柵と見出しを付けて放置していた。それからしばらくの間、著者らは酪農を取り巻く環境問題との関連から「環境の質の指標」として河川湖沼の水質に注目するようにな

っていた。そして、さきの試堀から数年を経た秋、試堀の断面土壤とその溜まり水を採取分析した。その結果、試堀時には表層の土壤中交換態のNa⁺とK⁺の比はNa⁺<K⁺であったが、それが深層へ下がるに伴って逆転Na⁺>K⁺となっていた。それが数年後には、表層では大きな変かを認めないものの、深層の溜まり水と接する土壤でNa⁺<K⁺へ逆転していた(図3参照)。そして、この要因は、土壤が陽イオン交換体であること、試堀周辺の樹木によって土壤からポンプアップされたK⁺は落葉として表層土壤に長年に亘って供給されていたこと、後にはそれが試堀の水溜りへ供給されたことで、Na⁺とK⁺はイオン化傾向(電気化学列)にしたがって交換されたものと考察された。

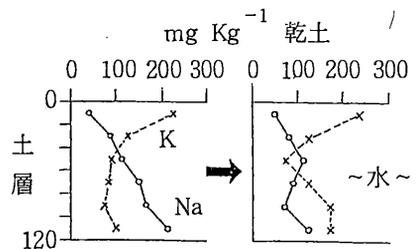
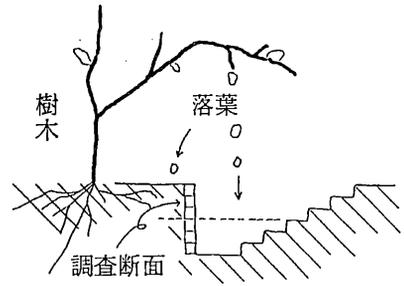


図3. 試堀跡の水溜り、土壤と水のKおよびNa含量

〔思い出の溜池灌漑農業〕

1950年代における四国地方瀬戸内海沿岸丘陵地帯(三豊)の溜池灌漑水田農業は、著者の少年時代の思い出の中に今も鮮明に存在している。それは、丘陵の最上部はマツとクヌギの林

で、その下に畑が拓かれ、さらにその下に溜池と水田が並んで拓かれ、降水で流れるもの、林の、畑の、水田の水も含めたすべてこの溜池に入る配置になっていた。そして、冬から初夏にかけて溜た水を6月には桶で汲み上げて水田へ入れ田植をし、9月水田落水後は溜池の水も放流して鯉鮒鰻などを捕り、11月頃までに池を干す。このとき捕った魚は寒露煮か、焼いて三杯酢で瓶(カメ)に漬け、10月にはこれらと甘薯と米麦飯と梅干と野菜のタクアンの弁当で稲を収穫し、11月には麦を蒔き、12月には干し上がったドロ(底泥)を牛に引かせた荷車で田畑へ還元客土した。肥料は主に林野の下草と稲藁、糖類、残菜などを与えて飼育した役牛の厩肥と人の糞尿、ときに魚粉、油粕、草木灰などと少々の購入化学肥料を施与している。ここで注目すべきは溜池底泥の還元客土と生産資材のほとんどを循環型で自給していることである(図4参照)。しかし、この頃は人の寄生虫病が多かったこと、また水田に化学肥料と農薬が多用され始めた時期でもある。

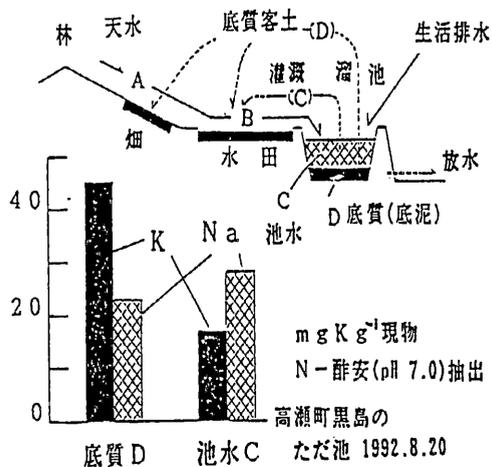


図4. 溜池灌漑水田農業の物質循環と底質池水のKとNaの含量

[アルファルファ酪農業の窒素の循環]

乳牛と土壌が飼料植物を介して同一経営内で強く結び付いた適正規模の酪農場では一般に環境汚染は起こりにくい。しかし、近年のように経営管理効率の観点から乳牛の集中多頭飼育が進むと環境に対する糞尿の圧力が増大し、それが土壌の植物生産を含む浄化能力を越えたとき水質の汚染が起こる。そのなかでとくに問題なのは地表水の富栄養化と硝酸態窒素による地下水などの飲料水の汚染である。そこで現在は、これが汚染を回避するため、スラーリー・システムを称する糞尿の貯溜暴気による窒素の消化システム(液肥生産)の設置が進められており、悪臭問題も同時に解決する方向にある。ここで注目すべきは、この液肥が低窒素濃度であるためアルファルファ(マメ科牧草)の栽培肥料に適していることから、この利用が進めば消化損失した窒素をマメ科牧草に共生した根粒菌によって空中から窒素栄養を獲得して良質の飼料タンパクを生産することができる点である。しかしここで、適正な土壌管理を怠ると土壌と植物に対するNa⁺とK⁺の蓄積が問題になるかもしれない。

[イオン・レベルから見た

地球環境と生物の進化]

営農現場からの発想であるが、生物の生活は常に進化と退化を伴っているととらえるとき環境中の、とくにイオン化物質が生物活動に多大な影響を与える。そこで、生物環境を取り扱うときは、土壌と水質の関連を生物作用やその進化と関連させながらイオン・レベルで、あるいは化学のレベルで調査・実験ならびに議論する。そうすればそこから土壌の生物生産と水質保全の併せ持つ生態系の在るべき姿を学ぶことの重要性が認識されるであろう。